



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – PECCA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO FLORESTAL

PECCA
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCOS PAULO MAMORÉ FERNANDES

**DIAGNÓSTICO DA COBERTURA E USO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE TOMÉ-
AÇU, ESTADO DO PARÁ.**

**CURITIBA
2012**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – PECCA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO FLORESTAL

PECCA
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCOS PAULO MAMORÉ FERNANDES

DIAGNÓSTICO DA COBERTURA E USO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE TOMÉ- AÇU, ESTADO DO PARÁ.

Trabalho apresentado para obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal no curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Orientador(a): Prof.^a Dra. Ana Paula Dalla Corte

**CURITIBA
2012**

À Sirleide, ao Marcos Rogério e ao Murilo
Ao meu pai (*in memorian*), à minha mãe, ao meu irmão
Dedico

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, ao Homem lá de cima por nos ter possibilitado chegar até aqui.

Ao José Fernandes (pai, *in memorian*) e à Ana Maria (mãe) pela criação, educação e paciência. Agora, com os “moleques”, sei o quanto isso tudo significa...

À D. Neuza (vó, *in memorian*), à tia Lourdes e à tia Laura, as quais sempre estiveram presentes, nos dando suporte em todos os momentos, principalmente, nos mais difíceis.

Ao meu irmão, Toninho (cabeça-fria...), pela amizade.

À tia Carmem ao oportunizar nossa primeira experiência profissional (Redenção, sul do Estado).

Aos familiares Mamoré e Fernandes, pelo convívio e apoio em todos esses anos.

À Universidade Federal do Paraná, UFPR, ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, PECCA, por abrirem espaço para obtenção de mais conhecimento e engrandecimento profissional.

À coordenação do curso de especialização em Gestão Florestal, na pessoa do professor Garzel, pela hospitalidade, receptividade e cordialidade.

À minha orientadora professora Ana Paula, pela honra em se dispor a orientar-nos nesse trabalho.

À tutoria do curso, sempre presente e pontual em nossas necessidades de esclarecimentos.

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará, EMATER-PA, por nos conceder o afastamento circunstancial para cumprimento de nossas obrigações junto ao curso em Curitiba, estado do Paraná.

Aos colegas de trabalho, Ana Júlia, Curuçá, Dinho, D. Eunice e Pedrão pelo companheirismo e ótimo ambiente no desenvolvimento de nossas atividades.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, pela criação e iniciativa em disponibilizar, gratuitamente, o programa SPRING e as imagens de satélite, fundamentais para elaboração deste trabalho.

Aos criadores do programa Quantum GIS, por permitir, de forma gratuita, o acesso à tão relevante tecnologia.

Enfim, agradeço e peço desculpas àqueles que, injustamente, não foram citados aqui. Somos muito gratos pelas contribuições, diretas e indiretas, que nos foram dadas por vocês.

*There's nothing you can do that can't be done
Nothing you can sing that can't be sung
Nothing you can say, but you can learn how to play the game
It's easy*

*(Não há nada que você possa fazer que não possa ser feito
Nada que você possa cantar que não possa ser cantado
Nada que você possa dizer, mas você pode aprender como jogar o jogo
É fácil)*

Lennon & McCartney

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1.	OBJETIVOS	15
1.2.	GERAL	15
1.3.	ESPECÍFICO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1.	ÁREA DE ESTUDO.....	15
2.2.	SENSORIAMENTO REMOTO	18
2.2.1.	Sistema Landsat.....	19
2.2.2.	Processamento digital de imagens – PDI.....	21
2.2.2.1.	Pré-processamento	22
2.2.2.1.1.	Registro	22
2.2.2.2.	Realce de imagens.....	23
2.2.2.2.1.	Contraste linear	23
2.2.2.2.2.	Filtragem linear	23
2.2.2.3.	Análise de imagens	24
2.2.2.3.1.	Classificação	24
2.3.	SPRING.....	24
2.4.	QUANTUM GIS	25
3	METODOLOGIA	26
4	RESULTADOS ALCANÇADOS	30
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
6	REFERÊNCIAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE TOMÉ-AÇU.....	16
FIGURA 2. FLUXOGRAMA GERAL DA METODOLOGIA.....	29
FIGURA 3. IMAGENS LANDSAT 5: ORIGINAL (A), RECORTADA (B).	30
FIGURA 4. IMAGENS LANDSAT 5: SEM REGISTRO (A), REGISTRADA (B).....	31
FIGURA 5. IMAGEM FALSA-COR 3B4R5G: CONTRASTE LINEAR (A), FILTRAGEM LINEAR (B).....	32
FIGURA 6. MAPA TEMÁTICO DA COBERTURA E USO DO SOLO.	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SATÉLITE LANDSAT 5 TM.	20
TABELA 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SATÉLITE LANDSAT 7 ETM ⁺	20
TABELA 3. APLICAÇÕES ADVINDAS DAS COMBINAÇÕES DAS BANDAS ESPECTRAIS.	21
TABELA 4. INFORMAÇÕES GERAIS DA IMAGEM LANDSAT 5 TM.	26
TABELA 5. INFORMAÇÕES GERAIS DA IMAGEM LANDSAT 7 ETM ⁺	26
TABELA 6. INFORMAÇÕES GERAIS DO PROJETO.	27
TABELA 7. CLASSES TEMÁTICAS.	28
TABELA 8. PONTOS DE CONTROLE.	31
TABELA 9. RESULTADO DO TREINAMENTO.	32
TABELA 10. MATRIZ DE ERRO DE CLASSIFICAÇÃO.	33
TABELA 11. RESULTADOS ESTATÍSTICOS.	34
TABELA 12. QUANTITATIVO POR ÁREA POR CLASSE TEMÁTICA	34

ABREVIATURAS E SIGLAS

CAMTA – Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu

DGI – Divisão de Geração de Imagens

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETM⁺ – *Enhanced Thematic Mapper, Plus*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDESP – Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LANDSAT – *Land Remote Sensing Satellite*

LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico

MSS – *Multispectral Scanner System*

NASA – Agência Espacial Norte-americana

PDI – Processamento Digital de Imagens

QGIS – Quantum Gis

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas

STF – Supremo Tribunal Federal

TM – *Thematic Mapper*

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o diagnóstico da cobertura e uso do solo do município de Tomé-Açu, estado do Pará, por meio de imagens de satélite mediante a utilização de técnicas de sensoriamento remoto. Neste sentido, foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5, sensor TM, bandas espectrais 3, 4 e 5, as quais passaram por um procedimento digital de imagens envolvendo as etapas de pré-processamento, realce e análise. A classificação supervisionada via algoritmo de máxima verossimilhança (Maxver) foi de 87,68%, com confusão média de 12,32%, em função da semelhança espectral dos *pixels* das classes temáticas envolvidas. O resultado do índice *Kappa*, de 83,52%, foi considerado excelente. As classes temáticas mais representativas foram Área de Vegetação Natural (AVN), com 56,25% e Área Antrópica Agrícola (AAA), com 26,95%. Para minimização da confusão dos *pixels*, sugere-se a obtenção de imagens de satélite com melhor resolução espectral.

Palavras-chave: Tomé-Açu. Sensoriamento remoto. Nordeste paraense. Classificação Maxver.

ABSTRACT

Diagnosis of coverage and land use of city of Tomé-Açu, state of Pará.

The present study aimed to diagnose the coverage and land use of the city of Tome-Acu, Para State, by means of satellite images by using remote sensing techniques. In this sense, we used Landsat imagery 5, sensor TM spectral bands 3, 4 and 5, which passed through a digital imaging procedure involving the steps of pre-processing, enhancement and analysis. A supervised classification via maximum likelihood algorithm was 87.68%, with 12.32% of confusion average, depending on the spectral similarity of *pixels* of thematic classes involved. The result of the Kappa index of 83.52% was considered excellent. The thematic classes were most representative of Natural Vegetation Area, with 56.25% and Anthropic Agricultural Area, with 26.95%. To minimize the confusion of *pixels*, it is suggested to obtain satellite images with better spectral resolution.

Keywords: Tomé-Açu. Remote Sensing. Northeastern State of Pará. Maxver classification.

1 INTRODUÇÃO

O Pará é o segundo maior estado do país e da Região Norte, com uma área superior a 1.200.000 km², localizado no centro na região amazônica, coberto por áreas florestadas (79%), cerrados e campos naturais (7%), com 14% das áreas desmatadas localizadas nas regiões nordeste, leste e sul do estado (SOUZA JUNIOR *et al.*, 2002).

Relativo à produção madeireira, o estado do Pará é muito expressivo, com a mesorregião nordeste contribuindo de forma relevante tanto para o consumo externo como internamente (PASTANA *et al.*, 2011).

Historicamente, a atividade madeireira na Amazônia torna-se relevante economicamente a partir da década de 70, através da construção das rodovias BR-010 e BR-230, as quais possibilitaram o acesso aos recursos florestais de maior valor comercial, de forma irrestrita, em termos ambientais e fundiários, levando-se em conta o esgotamento do estoque madeireiro da região Sul do país (VERÍSSIMO *et al.*, 1998 *apud* Serviço Florestal Brasileiro & Imazon, 2010 *apud* PASTANA *et al.*, 2011).

Ainda hoje, a maior parte da atividade madeireira praticada na Amazônia é realizada de forma convencional, destrutiva, baseada no imediatismo, ocasionando perdas significativas de volume, redução da cobertura vegetal, danos à biomassa e aumento no ciclo de corte, devido a perturbação na regeneração natural (FALESI *et al.*, 2009).

No período 2005/2011, o estado do Pará apresentou uma taxa acumulada de desmatamento da ordem de 33.611 km² de floresta nativa (INPE, 2012).

Na atividade agropecuária, região nordeste do estado, é fato comum, na agricultura itinerante, a derrubada e queimada das áreas com vegetação secundária para formação de amplas áreas de pastagens (BARROSO, 2011).

Estas práticas ocorrem há décadas na região amazônica, resultando em consequências inviáveis e insustentáveis para o meio ambiente (CARMO, 2012), como a diminuição do período de pousio, com consequente perda da biodiversidade, redução e fragmentação das florestas, aumento nos índices de emissão de dióxido de carbono e redução da fertilidade do solo (RODRIGUES *et al.*, 2007).

Segundo dados do IBGE, 2005, a densidade demográfica da região, formada por 48 municípios (representando 10,6% do Estado com 27% da população) é de 11,10 hab/km², inferior apenas à mesorregião metropolitana de Belém (OLIVEIRA, 2006).

A pressão demográfica exercida em níveis inferiores à viabilidade de uso do solo, aliada a fatores como parcelamento do minifúndio e abertura de novos mercados, resultou em uma intensificação do uso da terra (SOUSA FILHO *et al.*, 1999 *apud* OLIVEIRA, 2006), tornando o sistema de corte e queima, predatório (FALESI, 1998 *apud* HÉBETTE, 2004).

No início do século atual, o nordeste paraense apresentava aproximadamente 50% de sua área coberta de florestas secundárias com diversas idades de sucessão, sendo 22% com menos de seis anos (VIEIRA *et al.*, 2003 citado por RODRIGUES *et al.*, 2007).

Esta região, em face da sua posição geográfica (rodovias BR-010 e PA-140), foi afetada pelas ações antrópicas, o que facilitou o avanço das frentes pioneiras de colonização (WATRIN *et al.*, 2000).

No município de Tomé-Açu, a integração do governo federal com a comunidade nipônica, influenciou na forma e uso de ocupação do solo (diferentemente do restante da região nordeste), alicerçado na agricultura familiar e comercial, com ênfase nos sistemas agroflorestais. A organização social (cooperativas e associações) dos imigrantes japoneses possibilitou o acesso às

linhas de crédito e financiamento governamentais, porém, esses fatos não foram suficientes para impedir a degradação dos recursos florestais (PEZZUTI, 2009).

1.1. OBJETIVOS

1.2. GERAL

Este trabalho teve como objetivo diagnosticar a cobertura e uso do solo do município de Tomé-Açu, estado do Pará, por meio de imagens de satélite mediante a utilização de técnicas de sensoriamento remoto.

1.3. ESPECÍFICO

Quantificação das áreas das classes temáticas;

Avaliação dos resultados da classificação;

Elaboração de mapa temático da cobertura e uso do solo.

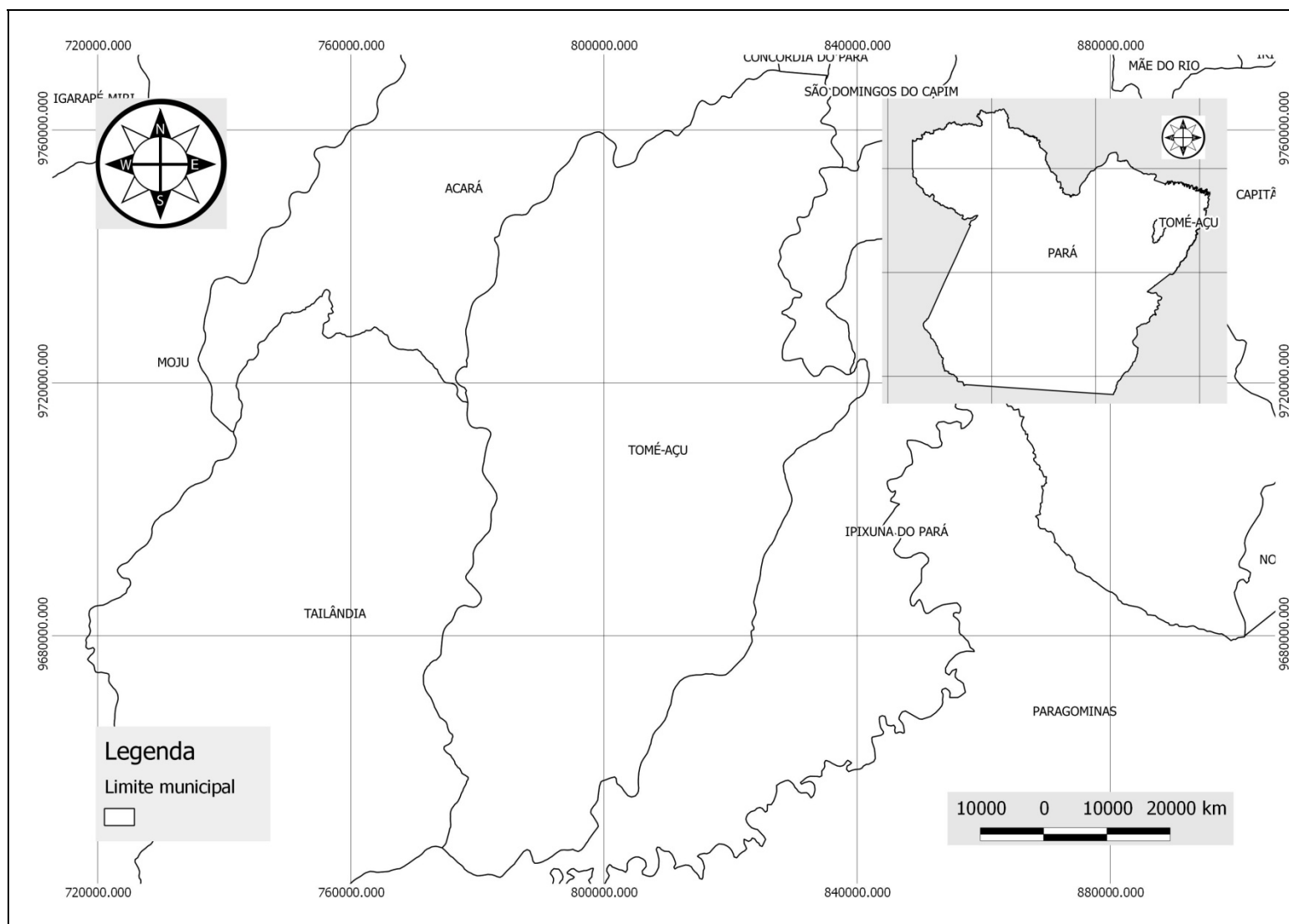
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ÁREA DE ESTUDO

Tomé-Açu está situada nas margens do rio Acará, a 93 km de sua foz no rio Guamá, distante cerca de 280 km por via rodoviária (PA-140) e 270 km por via fluvial (rios Acará e Guamá) da capital do estado do Pará, Belém (SANTANA *et al.*, 1998) (Figura 1).

Possui um clima tropical chuvoso com estação seca bem definida, temperatura média anual entre 26,3° C e 27,9° C, umidade relativa do ar entre 82% e 86%, com precipitação de 2500 mm anuais, ocupando uma área de 5.179 km², com uma população de 47.081 habitantes (YAMADA, 1999; RODRIGUES *et al.*, 2001; FRAZÃO *et al.*, 2005, KATO *et al.*, 2005, IBGE, 2009, *apud* BARROS *et al.*, 2009).

FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE TOMÉ-AÇU.



A origem do município de Tomé-Açu encontra-se atrelada à cidade vizinha do Acará. Em março de 1955, através da Lei Estadual nº 1.127, Tomé-Açu é designado município e distrito, porém, em outubro, o Supremo Tribunal Federal (STF), decreta sua extinção anexando-o novamente ao município do Acará. Somente em 1959, através da Lei Estadual nº 1.725, é efetivado sua promulgação como município estadual (IBGE, 2012).

Loureiro (1992) relata que no ano de 1926, um grupo de japoneses veio ao Pará com objetivo de localizar áreas nas quais fosse possível a instalação de colônias agrícolas com intuito de dinamizar a economia local e o desenvolvimento de culturas agrícolas, através de práticas modernas de cultivo. Uma das áreas escolhidas contemplou os municípios de Tomé-Açu, Santarém e a região do Baixo Amazonas.

A partir da década de 30 teve início a imigração de agricultores japoneses, onde o cultivo da pimenta-do-reino, com apoio do governo brasileiro, fomentou o desenvolvimento rural regional, tornando o estado um dos maiores produtores da especiaria (IDESP, 2012).

Sobre a imigração, Aihara (2008, p. 28,) cita que:

Nesse sentido, entendo que, na dinâmica das interações entre o ambiente natural e o grupo nipônico que imigrou para Tomé-Açu, está presente o entendimento do processo de ocupação e transformação dos ambientes amazônicos – ou melhor, de “domesticação” do “selvático” e elaboração de um conjunto de paisagens nipo-brasileiras – pelos imigrantes japoneses ao chegar a essa localidade, a partir do ano de 1929.

Em 1953, a Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA), fundada à época da imigração nipônica na região amazônica, havia tornado-se a primeira produtora e exportadora de pimenta do reino no país, tendo contribuído com o desenvolvimento social municipal a partir dos recursos advindos da comercialização da especiaria (Cooperativa... 2004, *apud* FRAZÃO *et al.* 2005).

Com a instalação da rodovia estadual PA-140, em 1970, o povoado de Quatro Bocas (distante, aproximadamente, 12 km de Tomé-Açu), torna-se o novo núcleo central municipal, passando a funcionar como um eixo estrutural ao redor da cidade, estabelecendo um comércio mais diversificado e economicamente dinâmico (BARBOSA, 2008).

Questões fitossanitárias e queda de preços, decorrente da expansão desordenada dos plantios, iniciam o declínio do ciclo da pimenta, com os agricultores tendo que buscar novos sistemas de produção, diversificando seus cultivos por meio dos sistemas agroflorestais (BOLFE *et al.* 2009, HOMMA, 2003, HOMMA, 2004, FRAZÃO *et al.* 2005).

Em meados de 1980, ocorre a construção da fábrica de processamento de polpa de frutas da CAMTA, em decorrência dos investimentos em plantios de espécies frutíferas (FRAZÃO *et al.* 2005).

Em 1998, o município figurou como o segundo maior pólo madeireiro do estado do Pará, com 52 madeireiras (sendo 48 serrarias, 03 laminadoras e 01 fabrica de compensados), com consumo anual de 0,75 milhões de metros cúbicos de madeira em tora (VERÍSSIMO *et al.*, 2002).

No ano de 2010, coube a Tomé-Açu o maior volume de produção madeireira na região nordeste do estado, com mais de 280.000 m³ de madeira explorada (PASTANA *et al.*, 2011).

2.2. SENSORIAMENTO REMOTO

Basicamente, sensoriamento remoto é a tecnologia pela qual são obtidas imagens da superfície terrestre, por meio da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2011).

O termo sensoriamento remoto está relacionado à aquisição de imagens à uma distância considerável, sem que ocorra contato físico entre o sensor e os objetos terrestres.

As imagens obtidas através do sensoriamento remoto proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre, possibilitando a realização de estudos regionais e integrados, envolvendo vários campos do conhecimento (FLORENZANO, 2005).

Através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto para análise do uso e cobertura do solo é possível o planejamento e administração da ocupação de forma ordenada, o monitoramento e avaliação das áreas de vegetação natural (SILVA e VIEIRA, 2007, citado por LOPES, 2008).

Ponzoni (2001) informa que as técnicas de sensoriamento remoto se fundamentam em um processo de interação entre a radiação eletromagnética e os diferentes objetos que se pretende estudar. A aplicação dessas técnicas é viabilizada através do cumprimento de diversas etapas que incluem a interação em si, caracterizada principalmente pelo fenômeno de reflexão da radiação, a coleta de dados e seu registro através de um sensor e a análise desses dados com o objetivo de extrair as informações pretendidas de um dado objeto.

Almeida *et al.*, 2008, em trabalho realizado na microrregião Bragantina, leste do estado do Pará, ressalta a grande utilidade do uso de sensores orbitais na detecção de informações acerca do recursos naturais, particularmente em questões relativas à cobertura vegetal e uso da terra.

2.2.1. Sistema Landsat

O satélite Landsat foi o primeiro sistema de aquisição sistemática de imagens terrestres de média resolução, lançado pela NASA em 1972. Inicialmente, foram utilizados os sensores *Multispectral Scanner System* (MSS), com quatro bandas espectrais, com resolução espacial de 80 m e resolução temporal de 18 dias.

Com advento de novas tecnologias, os satélites Landsat passaram a operar com sensores *Thematic Mapper* (TM), efetuando o registro em sete bandas espectrais (Tabela 1).

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SATÉLITE LANDSAT 5 TM.

Banda	Faixa espectral	Resolução espectral (μm)	Resolução espacial (m)	Área imageada (km^2)
B1	Azul	0,45 – 0,52		
B2	Verde	0,50 – 0,60		
B3	Vermelho	0,63 – 0,69	30	
B4	Infravermelho-próximo	0,76 – 0,90		185
B5	Infravermelho-médio	1,55 – 1,75		
B6	Infravermelho termal	10,4 – 12,5	120	
B7	Infravermelho-médio	2,08 – 2,35	30	

FONTE: Embrapa Monitoramento por Satélite
(<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>).

Posteriormente, ocorreu a substituição do sensor TM pelo ETM⁺, *Enhanced Thematic Mapper, Plus*, o qual inclui uma banda pancromática, com resolução espacial de 15 m, com faixas espectrais mais estreitas, possibilitando uma maior intensidade de energia luminosa e melhor definição (Tabela 2).

TABELA 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SATÉLITE LANDSAT 7 ETM⁺.

Banda	Faixa espectral	Resolução espectral (μm)	Resolução espacial (m)	Área imageada (km^2)
B1	Azul	0,45 – 0,515		
B2	Verde	0,525 – 0,605		
B3	Vermelho	0,63 – 0,69	30	
B4	Infravermelho-próximo	0,76 – 0,90		183
B5	Infravermelho-médio	1,55 – 1,75		
B6	Infravermelho termal	10,4 – 12,5	60	
B7	Infravermelho-médio	2,09 – 2,35	30	
B8	Pancromático	0,52 – 0,90	15	

FONTE: Embrapa Monitoramento por Satélite
(<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>).

A altitude de deslocamento do satélite Landsat é de 705 km, em órbita geocêntrica circular, quase polar e heliossíncrona (quase ao mesmo tempo com o movimento terrestre em relação ao Sol), com resolução temporal de 16 dias e resolução radiométrica de 8 bits.

2.2.2. Processamento digital de imagens – PDI

O processamento digital de imagens possibilita a identificação e a extração da informação contidas nas imagens, para, em seguida, interpretá-las, resultando em economia de custo e de tempo no mapeamento (IBGE, 2006).

A imagem digital está representada por um conjunto de células (*pixels*), dispostas de tal forma que a intensidade de energia refletida ou emitida por elas, determina seu nível de cinza. Quanto maior esse nível, maior o valor numérico do *pixel* e mais claro sua tonalidade/cor. Por outro lado, uma imagem mais escura, representa um menor nível de energia.

A combinação das bandas espectrais contribui na diferenciação entre as feições da imagem. Conforme a combinação, as feições resultarão em uma ou mais cores, conforme sua intensidade (Tabela 3).

TABELA 3. APLICAÇÕES ADVINDAS DAS COMBINAÇÕES DAS BANDAS ESPECTRAIS.

Bandas espectrais	Aplicações
1, 2 e 3	Imagens em "cor natural", com boa penetração na água, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos. A vegetação aparece em tonalidades esverdeadas.
2, 3 e 4	Define melhor os limites entre o solo e a água, ainda mantendo algum detalhe em águas pouco profundas, e mostrando as diferenças na vegetação que aparece em tonalidades de vermelho.
3, 4 e 5	Mostra mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde e rosa.
2, 4 e 7	Mostra a vegetação em tons verdes e permite discriminar a umidade tanto na vegetação como no solo.

FONTE DGI/INPE (<http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/arqdocs.php>)

A composição de coloração nas imagens é resultante da associação das cores primárias, monocromáticas, azul, vermelho e verde com as bandas espectrais dos sistemas sensores.

Preliminarmente à interpretação de imagens utilizadas no sensoriamento remoto, são realizadas as etapas de pré-processamento, realce e análise de imagens.

2.2.2.1. Pré-processamento

Em geral, as imagens apresentam incorreções geométricas, sendo necessário ajustar seu posicionamento espacial, eliminando-se distorções causadas pelo sistema sensor ou pela imprecisão dos dados de posição na plataforma, no momento da sua captação (FLORENZANO, 2011).

2.2.2.1.1. Registro

Por meio da técnica de registro é realizada uma transformação geométrica relacionando coordenadas da imagem com coordenadas geográficas. É muito útil para integrar imagens de diferentes datas e/ou sensores.

Através de feições conhecidas na imagem (pontos de controle) é realizada a vinculação das coordenadas da imagem ao sistema de referência, com uso de equações polinomiais (geralmente 1º ou 2º grau).

A expressão que estabelece o número mínimo de pontos de controle (PC) para um polinômio de grau n é: ¹

$$PC = \frac{n^2 + 3n + 2}{2}$$

Cruzamentos de estradas, rodovias, plantios de cultivos, entre outros, são comumente designados como pontos de controle.

¹ Em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/registro_img.html>. Acesso em: 15 nov 2012.

Devido os erros inerentes às coordenadas dos pontos, utiliza-se um sistema de equações sobre-determinado, com mais equações que incógnitas, recomendando 6 e 12 pontos para um polinômio de 1º e 2º grau, respectivamente.²

Há a necessidade de uma distribuição homogênea dos pontos de controle na imagem. Celestino (2007) relata que uma boa distribuição seria de 20% dos pontos por quadrante, no mínimo.

2.2.2.2. Realce de imagens

Também conhecida como realce de contraste ou simplesmente contraste, objetiva discriminar, visualmente, as feições da imagem por meio de funções algébricas modificando os níveis de cinza apurando o contraste visual auxiliando a interpretação.

Entre as diversas técnicas empregadas, cita-se o contraste linear e a filtragem linear passa-baixa.

2.2.2.2.1. Contraste linear

Técnica na qual é empregada uma equação de 1º grau, controlando-se o quantitativo do aumento de contraste e a intensidade média da imagem final.

2.2.2.2.2. Filtragem linear

Na filtragem, são realizadas transferências entre os *pixels* com nível de cinza zero e seus vizinhos, suavizando e realçando detalhes da imagem, atenuando a ausência de informações de energia, devido falhas momentâneas durante o imageamento orbital.

² Em: <http://galileu.iph.ufrgs.br/gis-sr/SR/Apostilas_Sensoriamento_Remoto/Processamento_Digital_Imagens/PDI_3_correcao.pdf>. Acesso em: 15 nov 2012.

Em sensores do tipo TM, esta técnica compensa as distorções radiométricas.

2.2.2.3. Análise de imagens

Nesta etapa os *pixels* referentes aos elementos envolvidos na análise, são agrupados em classes em função de caracteres similares. As classes são representadas por elementos terrestres tais quais: o meio urbano, zona rural, corpos d'água, cultivos agrícolas, etc.

2.2.2.3.1. Classificação

Os métodos de classificação reduzem a dimensionalidade de uma série de dados complexos agrupando-os em um conjunto de classes (IWAI *et al.*, 2005).

As classes, previamente determinadas e conhecidas, passam por um processo denominado treinamento (fase preliminar), através da aquisição de amostras, em uma quantidade mínima o suficiente para representar suas feições. Trata-se da classificação supervisionada.

Dentre os algoritmos mais utilizados em mapeamento temático, destaca-se o classificador da Máxima Verossimilhança (Maxver), o qual considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos (FRANÇA *et al.*, 2009).

2.3. SPRING

O programa Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING) foi desenvolvido a partir do ano de 1991, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com lançamento da versão 1.0 em 1993, para ambientes Unix e Windows com as seguintes particularidades (SANTOS *et al.*, 2010):

- Opera como um banco de dados geográficos sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais e realiza a integração de dados de sensoriamento remoto num SIG;
- Provê um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário;
- Capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde microcomputadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho.

Estes objetivos são alcançados devido o SPRING ser baseado em um modelo de dados orientado a objetos, de onde derivam sua interface de menus e a linguagem espacial Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) (SANTOS *et al.*, 2010).

Neste trabalho foi utilizada a versão 5.2.1, adquirida (gratuitamente) no endereço virtual <http://www.dpi.inpe.br/spring>.

2.4. QUANTUM GIS

Trata-se de um Sistema de Informações Geográficas de Código Aberto, criado em 2002, podendo ser utilizado nos ambientes: Linux, Unix, Windows e Os x. Seu licenciamento foi feito a partir da Licença Pública Geral, significando que o usuário pode modificar o código fonte. Em geral, as funcionalidades do QGIS são: visualização, composição de mapas, criação, edição e exportação e análise de dados, publicação de mapas na rede mundial de computadores, entre outros (NANNI *et al.*, 2012).

Sua aquisição, gratuita, pode ser feita no endereço virtual, <http://hub.qgis.org/projects/quantum-gis/wiki/Download>.

3 METODOLOGIA

A proposta de trabalho teve como ponto de partida a aquisição gratuita de imagens do Landsat 5, sensor TM, bandas espectrais 3, 4 e 5, órbita 223, ponto 62, com data de passagem de 03 de julho de 2010 (Tabela 4).

TABELA 4. INFORMAÇÕES GERAIS DA IMAGEM LANDSAT 5 TM.

Scene Id	L5TM22306220100703
Revolução	40.091
Latitude Norte	-1.98876
Longitude Oeste	-48.89420
Latitude Sul	-3.79707
Longitude Leste	-47.52070
Tempo central (GMT)	13:14:02
Orientação da imagem	8.19998
Ângulo Nadir	0
Azimute sol	47.1032
Elevação do sol	50.8087
Cobertura de nuvens	Q1 (10), Q2 (20), Q3 (20), Q4 (10)

FONTE: DGI/INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>)

Para correção geométrica das imagens Landsat 5 foram adquiridas, gratuitamente, imagens ortorretificadas Landsat 7, datadas de 03 de agosto de 2001 (Tabela 5).

TABELA 5. INFORMAÇÕES GERAIS DA IMAGEM LANDSAT 7 ETM⁺.

ID	035/478
WRS	2
Producer	Earthsat
Attr.	Ortho, Geocover
Tipo	Geotiff

FONTE: Global Land Cover Facility (<http://glcfapp.glc.f.umd.edu:8080/esdi/ftp?id=35478>)

Com auxílio do software SPRING, foi criado o banco de dados TCC_UFPR (gerenciador SQLite), onde foram armazenados o projeto TOME_ACU, o modelo de

dados (com suas categorias e classes inerentes) e os planos de informação (Tabela 6).

TABELA 6. INFORMAÇÕES GERAIS DO PROJETO.

Projeção/Datum	UTM/WGS84
Meridiano central	51°
Zona	22
Coordenadas	Planas
Hemisfério	Sul
Retângulo envolvente	
X1	761.585
Y1	9.635.142
X2	847.796
Y2	9.772.112

Após importação das imagens Landsat 5 e Landsat 7 foi efetuado o procedimento de recorte com auxílio do arquivo limite_municipal.shp, reduzindo a dimensão e o tamanho das imagens.

O procedimento de registro teve início com a inserção interativa de 7 (sete) pontos de controle (modo tela, método de reamostragem do vizinho mais próximo) na tela principal do SPRING na imagem de referência (Landsat 7). Na tela auxiliar, na imagem de ajuste (Landsat 5), os pontos de controle tiveram seus posicionamentos corrigidos até um limite de erro abaixo de 1 *pixel*.

Todos os pontos foram salvos em um arquivo (extensão *.pro*) para realização da operação de mosaico (envolvendo todas as bandas espectrais), finalizando o registro.

Na etapa de realce, cada banda passou pelo processo de contraste, método linear, aplicando em seguida uma filtragem, tipo linear, realce de imagem TM.

Concluindo o processamento digital, as imagens foram submetidas às etapas de classificação e pós-classificação. A classificação determinada foi a supervisionada, *pixel a pixel*, utilizando o classificador Maxver.

Previamente à classificação foram recolhidas amostras das classes temáticas por meio da assinatura espectral (treinamento)

Posteriormente, as amostras passaram por uma avaliação estatística, verificando informações a respeito do desempenho médio da amostragem, a confusão média e uma matriz de dados relacionando as classes temáticas e as amostras.

As classes temáticas (com exceção da classe Solo exposto) foram estabelecidas, de forma adaptada, em conformidade à metodologia do IBGE, no qual as fitofisionomias como as florestas nativas, secundárias e demais estágios de sucessão estão representados em uma única classe (Tabela 7).

TABELA 7. CLASSES TEMÁTICAS.

Classes	Descrição
(1) Nuvem	Nuvem propriamente dita.
(2) Águas	Incluem classes relativas às águas interior e costeira, tal qual, cursos d'água (rios, riachos, igarapés), reservatórios artificiais, etc.
(3) Área antrópica não-agrícola (AANA)	Contempla todos os tipos de uso da terra de natureza não-agrícola, tais como: áreas urbanizadas, industriais, comerciais, redes de comunicação e áreas de extração mineral.
(4) Área antrópica agrícola (AAA)	Abrangem as lavouras temporárias, lavouras de subsistência, permanentes, sistemas agroflorestais, pastagem, pecuária, reflorestamento.
(5) Área de vegetação natural (AVN)	Florestas primárias, formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas, e/ou gramíneo lenhosas em diversos estágios sucessionais.
(6) Solo exposto	Área desprovida de cobertura vegetal.

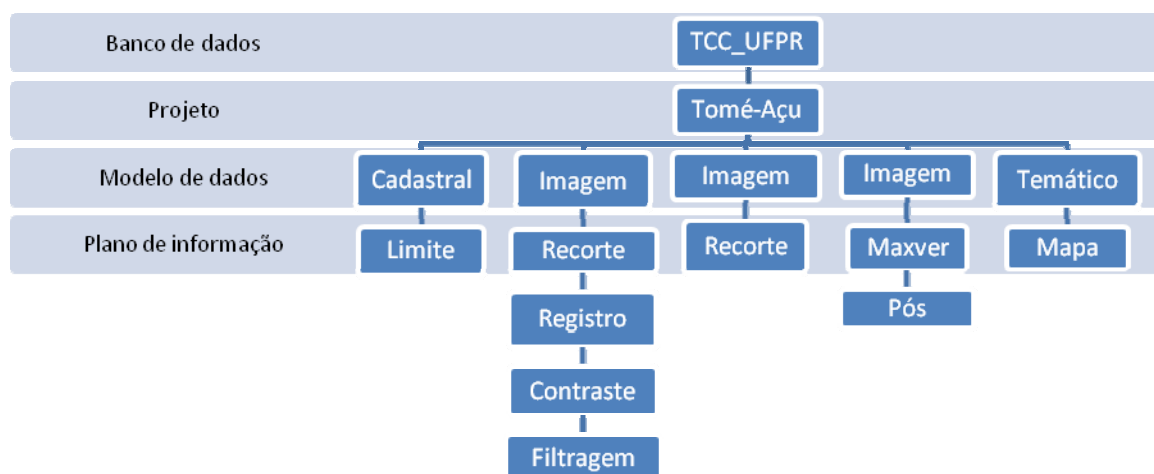
FONTE: IBGE, 2006.

Na pós-classificação, a imagem classificada passou por um ajuste visando a diminuição nos ruídos, uniformizando os *pixels* classificados de forma isolada. O valor de ajuste, tanto para o peso como para o limiar, foi de uma unidade. Quanto menor esses valores, maior o número de substituições a serem efetuadas e vice-versa.

Em seguida a imagem foi mapeada para geração do mapa temático associando os temas às classes do banco de dados.

Na figura 2 é apresentado um fluxograma da metodologia de trabalho, desde a criação do banco de dados até os planos de informação gerados, em conformidade às etapas de PDI.

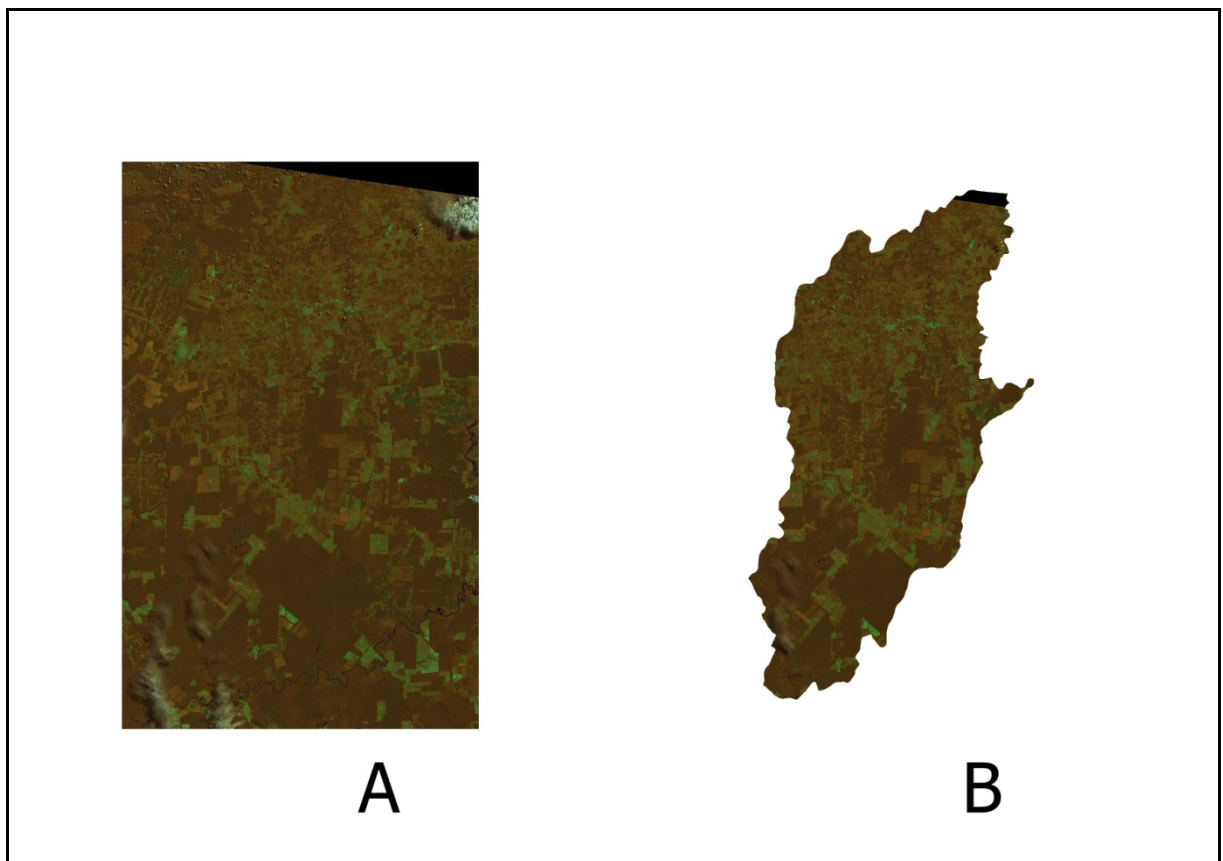
FIGURA 2. FLUXOGRAMA GERAL DA METODOLOGIA.



4 RESULTADOS ALCANÇADOS

A redução da dimensão e do tamanho da imagem proporcionou um ganho no tempo de processamento do componente hardware-software, relacionando os resultados do diagnóstico à área municipal. Levando-se em consideração que a área imageada do sensor TM Landsat é de 35.000 km² e a área do município é de 5.179 km², o procedimento reduziu a imagem original em 85% (Figura 3).

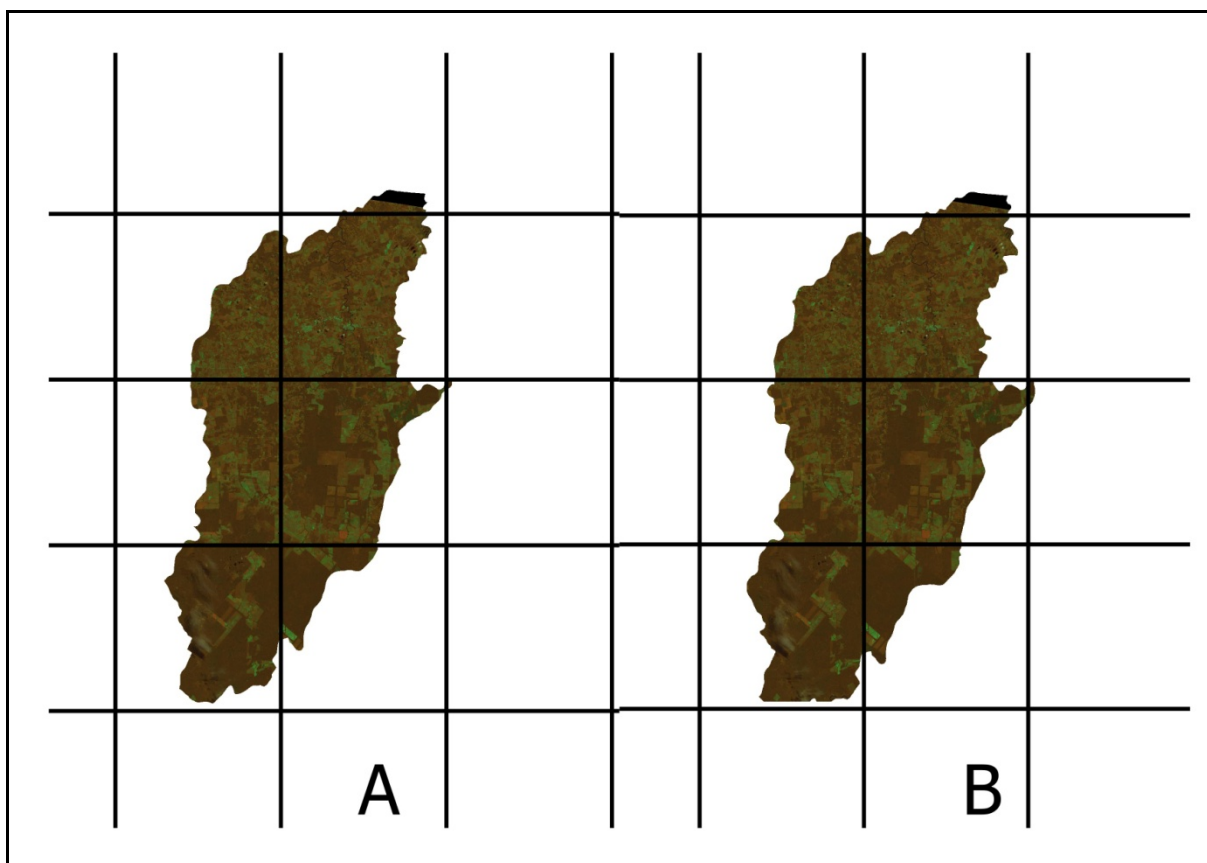
FIGURA 3. IMAGENS LANDSAT 5: ORIGINAL (A), RECORTADA (B).



O registro realizado apresentou um erro de 0,8 *pixels*. Como as imagens das bandas 3, 4 e 5 do Landsat apresentam uma resolução espacial de 30 m, o ajuste na imagem foi de 24 metros (0,8 X 30) (Figura 4).

Em tutorial sobre georreferenciamento de imagens e dados vetoriais recomenda-se que o erro dos pontos de controle esteja entre 0 (zero) e 1 (um)³.

FIGURA 4. IMAGENS LANDSAT 5: SEM REGISTRO (A), REGISTRADA (B).



Na tabela 8 são apresentados os pontos de controle do registro efetuado.

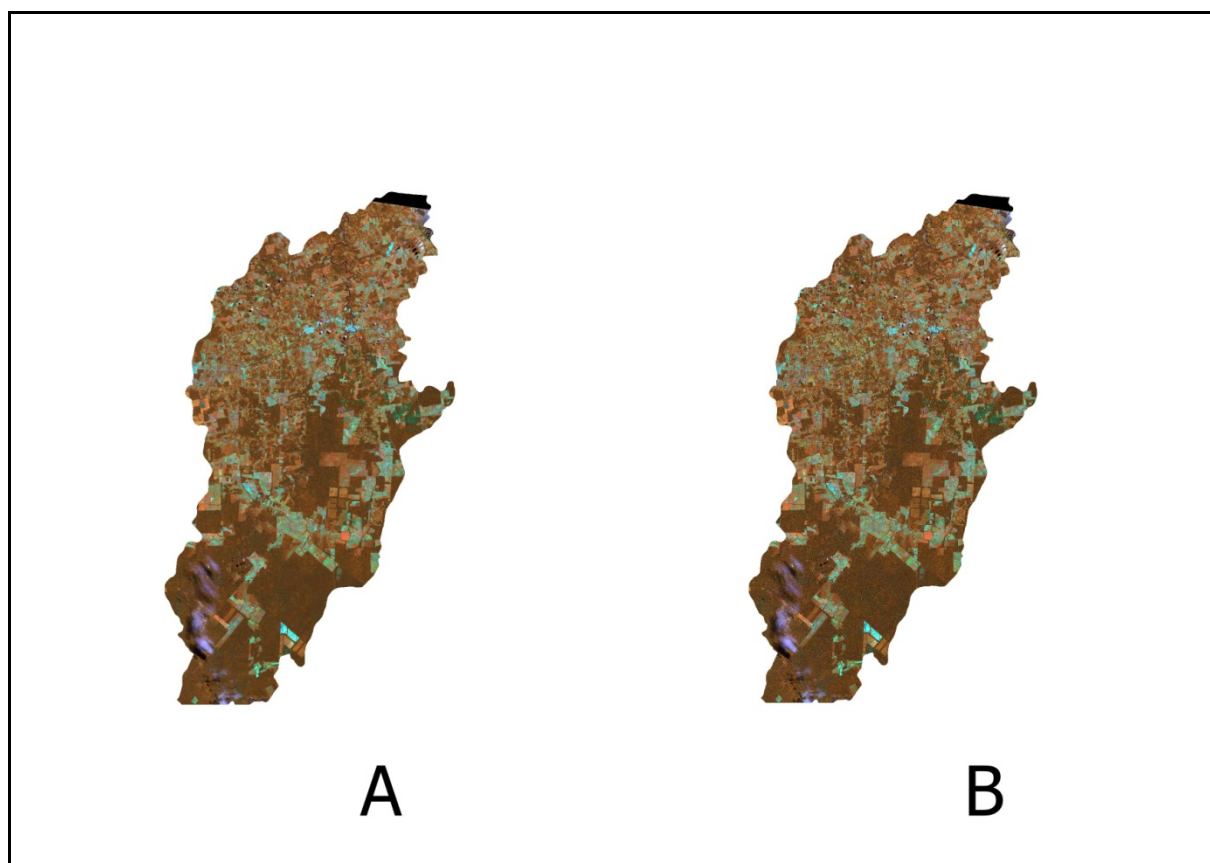
TABELA 8. PONTOS DE CONTROLE.

Pontos de controle	Abcissa (X)	Ordenada (Y)
P1	0.644	0.269
P2	-0.349	-0.948
P3	0.113	0.135
P4	-0.820	0.954
P5	1.011	-0.640
P6	-0.003	0.220
P7	-0.595	0.011

³ Em <http://www.comunidadespring.com.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=122&Itemid=88888945>. Acesso em: 08 dezembro 2012.

No procedimento de realce (contraste e filtragem) as bandas espectrais 3, 4 e 5, foram associadas às cores azul (B), verde (G) e vermelho (R), compondo a imagem colorida falsa-cor (Figura 5).

FIGURA 5. IMAGEM FALSA-COR 3B4R5G: CONTRASTE LINEAR (A), FILTRAGEM LINEAR (B).



O treinamento das 06 classes temáticas totalizou 63 amostras, com o mínimo de 650 *pixels* e máximo de 17.578 *pixels* (Tabela 9).

TABELA 9. RESULTADO DO TREINAMENTO.

Classes	<i>Pixels</i>
(1) Nuvem	17578
(2) Água	650
(3) Área antrópica não-agrícola (AANA)	3787
(4) Área antrópica agrícola (AAA)	11435
(5) Área de vegetação natural (AVN)	16360
(6) Solo exposto	3412

Todos os *pixels* referentes à classificação supervisionada pelo algoritmo Maxver foram aceitos (limiar de 100%). Os resultados, por meio de uma matriz de erro, são apresentados na tabela 10.

TABELA 10. MATRIZ DE ERRO DE CLASSIFICAÇÃO.

Classes	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) Nuvem	15832 29,81%	0 0,01%	539 1,01%	494 0,93%	398 0,75%	299 0,56%
(2) Água	9 0,02%	484 0,91%	7 0,01%	4 0,01%	59 0,11%	0 0,00%
(3) Área antrópica não-agrícola (AANA)	175 0,33%	1 0,00%	3123 5,88%	96 0,18%	74 0,14%	264 0,50%
(4) Área antrópica agrícola (AAA)	155 0,29%	14 0,03%	86 0,16%	9734 18,33%	677 1,27%	766 1,44%
(5) Área de vegetação natural (AVN)	82 0,15%	120 0,23%	177 0,33%	1310 2,47%	14563 27,42%	179 0,34%
(6) Solo exposto	71 0,13%	5 0,01%	215 0,40%	245 0,46%	21 0,04%	2837 5,34%

Os valores na diagonal (em destaque) indicam os números de amostras onde ocorreram confusões entre o resultado da classificação e as informações do arquivo matricial.

O desejável em uma matriz de classificação é que seja mínima a confusão entre as classes, o que significaria uma diagonal com valores próximos a 100%. O que dificulta essa possibilidade são as semelhanças espectrais entre as classes. As maiores evidências desse fato foram nos *pixels* envolvendo a classe Área de vegetação natural e a classe Área antrópica agrícola e a classe Nuvem com as classes Área antrópica não-agrícola, Área antrópica agrícola, Área de vegetação natural e Solo exposto.

O desempenho geral da classificação Maxver foi de 87,68%, com confusão média de 12,32%. O índice *Kappa* (KHAT) resultou num valor de 83,52%, sendo considerado excelente (acima de 80%) (CONGALTON *et al.*, 1998 *apud* SANTOS *et al.*, 2010) (Tabela 11).

TABELA 11. RESULTADOS ESTATÍSTICOS.

Desempenho geral	87,68 %
Confusão média	12,32 %
Abstenção média	0.00 %
Estatística KHAT	83,52 %
Variância KHAT	3,547e-006
Estatística TAU	85,22 %

Este coeficiente é um dos mais utilizados na mensuração dos erros advindos da classificação pelo fato da estimativa envolver toda a matriz, inclusive os elementos externos à diagonal principal (STEHRMAN, 1992, *apud* FONSECA *et al.*, 2011, BRITES, 1996 *apud* SALES, 2010).

Na Tabela 12 são apresentados os quantitativos das classes com seus respectivos valores relativos.

TABELA 12. QUANTITATIVO POR ÁREA POR CLASSE TEMÁTICA .

Classe	Área (ha)	%
(1) Nuvem	11.548,08	2,26
(2) Água	6.586,02	1,29
(3) Área antrópica não-agrícola (AANA)	17.041,23	3,34
(4) Área antrópica agrícola (AAA)	137.538,54	26,95
(5) Área de vegetação natural (AVN)	287.112,78	56,25
(6) Solo exposto	50.556,87	9,91
Total (ha)	510.383,52	

A classe Área de Vegetação Natural (AVN) ocupa mais de 50% da área municipal. Segundo o Governo do Estado do Pará, ainda no ano de 1986, a cobertura vegetal do município (Floresta Densa dos Baixos Platôs) havia sido alterada em 40,9% (IDESP, 2012). Em relação a este estudo, isto significaria que, no mínimo, 117.429,12 hectares da vegetação são oriundos de florestas secundárias, restando, em tese, 169.683,66 hectares de vegetação nativa.

Vieira *et al.*, 2003, informa que a região Nordeste apresenta 50% de sua área, aproximadamente, com cobertura vegetal secundária em diferentes estágios

sucessionais, Dentre as diversas causas, Nepstad *et al.*, 1999, cita a implantação de monocultivos de grãos, a produção de carvão vegetal, a extração ilegal de madeira, a expansão pecuária, a abertura de estradas, a colonização de novas fronteiras e a agricultura de corte e queima.

Relativo ao uso da terra, a classe Área Antrópica Agrícola (AAA) correspondeu a 26,95% da classificação (Figura 12). De fato, no município a atividade agrícola abrange diversos cultivos, indo de lavouras temporárias (arroz, feijão, milho e mandioca), consórcios (os sistemas agroflorestais, compostos, basicamente, pela pimenta-do-reino, o cacau, o açaí, o maracujá, o cupuaçu, entre outros), passando pela dendeicultura (*Elaeis guineensis* Jacq), além das áreas de pastagem para a atividade pecuária.

Em seguida vieram as classes Solo exposto (9,91%), Área antrópica não-agrícola (3,34%), Nuvem (2,26%) e Água (1,29%).

A figura 6 apresenta o mapa com as classes temáticas da cobertura e uso do solo de Tomé-Açu, estado do Pará.

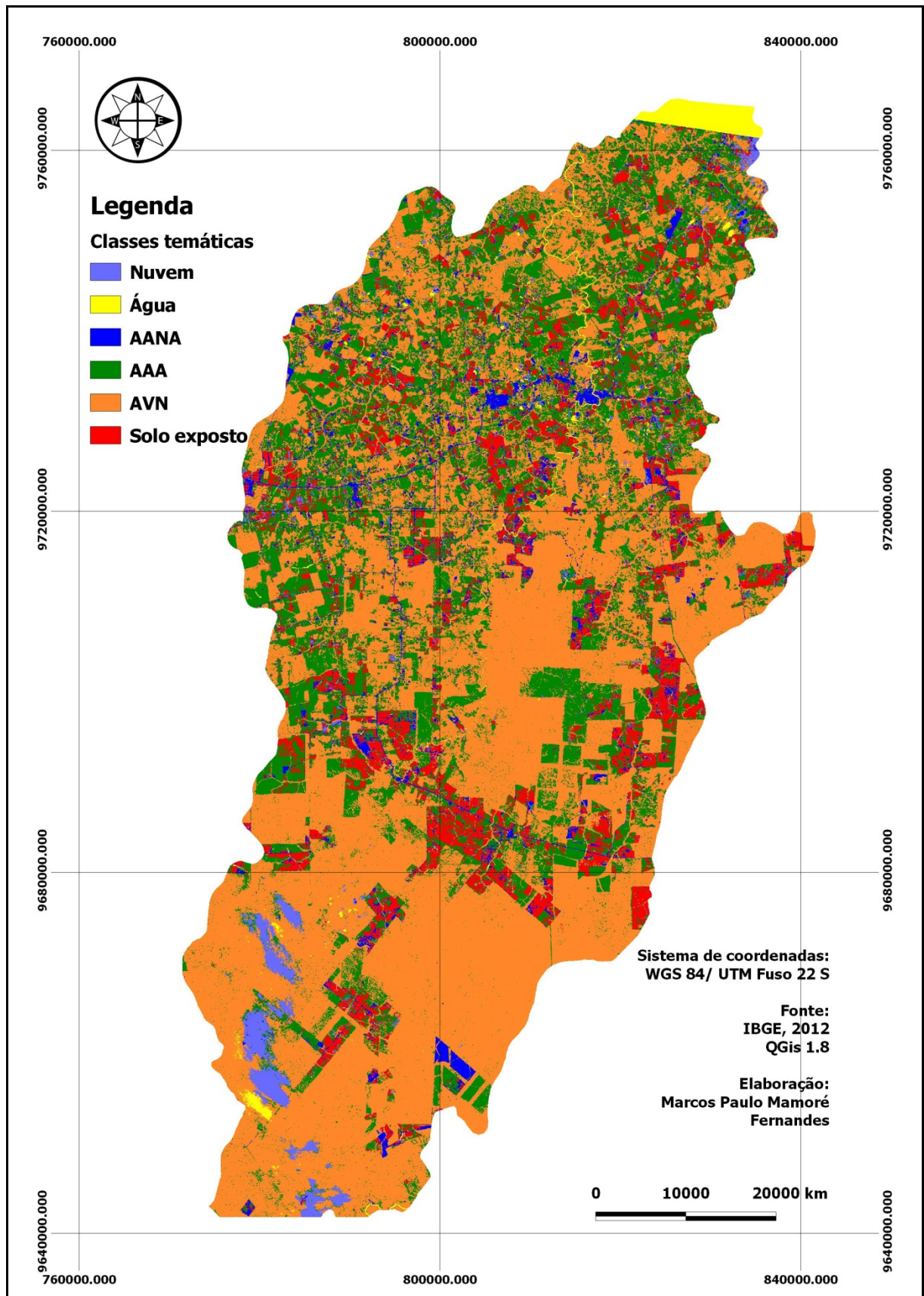
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico, mediante o uso de imagens de satélite, verificou que boa parte da área geográfica do município de Tomé-Açu encontra-se coberta por vegetação primária e secundária (capoeira) (56%) e áreas para atividade agrícola (26%).

Apesar de ter havido algumas confusões entre os *pixels* de algumas classes temáticas, fato normal diante da semelhança espectral, o resultado não comprometeu a classificação supervisionada pelo algoritmo Maxver, haja vista que o índice Kappa acusou valores satisfatórios para o diagnóstico.

Visando minimizar o erro espectral, obtendo um maior nível de detalhamento das feições, sugere-se a obtenção de imagens de satélite com maior resolução espectral.

FIGURA 6. MAPA TEMÁTICO DA COBERTURA E USO DO SOLO.



6 REFERÊNCIAS

AIHARA, M. S. M. **Paisagens nipo-brasileiras na cidade de Tomé-Açu-PA: estudo antropológico das memórias da família Onuma**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais, Belém, 2008.

ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G. **Dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra no município de São Francisco do Pará (Pará, Brasil) com o uso da técnica de sensoriamento remoto**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém, v. 3, n. 1, p. 81-92, jan.- abr. 2008

BARBOSA, E. J. S.. **Formação urbana na fronteira amazônica: estudo sobre as cidades de Paragominas, Tomé-Açu e Quatro Bocas, Pará**. Monografia (Especialização em Cidades na Amazônia: história, ambiente e culturas) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. 2008.

BARROS, A. V. L.; HOMMA, A. K. O.; TAKAMATSU, J. A.; TAKAMATSU, T.; KONAGANO, M. **Evolução e percepção dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros do município de Tomé-Açu, estado do Pará**. Amazônia: Ci. & Desenvolv,; Belém, v. 5, n. 9, jul./dez., 2009.

BARROSO, D. F. R. **Fluxos hidrogeoquímicos em águas fluviais de microbaciais do nordeste paraense e a sua relação com o uso da terra**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA, Instituto de Geociências, Belém, Pará, 2011, 121 f

BOLFE, E. L.; FERREIRA, M. C.; BATISTELLA, M. Biomassa epígea e estoque de carbono de agroflorestas em Tomé-Açu, PA. **Rev. Bras. de Agroecologia**/nov. 2009 vol. 4, nº. 2.

BRITES, R. S. **Verificação de exatidão em classificação de imagens digitais orbitais: efeito de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão**. 1996. 101 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

CARMO, S. R. S. Degradação e recuperação de matas ciliares na Amazônia oriental paraense. Bacia hidrográfica do rio Irituia no município de Irituia – Pará. Eixo temático: geoecologia das paisagens, bacia hidrográfica, planejamento ambiental e territorial. **Revista Geonorte**, Edição especial, v.3, n.4, p. 803-813, 2012.

CELESTINO, V. da S. **Padrão de Exatidão de Mapeamento por Imagens do Sensor QuickBird**. 2007. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Curso de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. **New York: Lewis Publishers**, 1998, 137 p.

COOPERATIVA AGRÍCOLA MISTA DE TOMÉ- AÇU (Tomé-Açu, Pará). Disponível em: <<http://www.amazon.com.br/~camta/companyP.htm>> Acesso em: 15 abril 2004.

FALESI, I. **Características físico-químicas do solo em diferentes agroecossistemas da região Bragantina do nordeste paraense**. Boletim de pesquisa nº 185. Belém, 1998.

FALESI, L. A.; FILGUEIRAS, G. C.; MONTEIRO, E. S.; MENEZES, A. J. E. A. de. O manejo florestal e o uso da tritura sem queima na agricultura familiar. In: **48º Congresso Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Campo Grande, 25 a 28 de julho de 2009.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, 17 (2005) 24-29.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª. ed. ampl e atual. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

FONSECA, D. S. R; NASCIMENTO, C. R.; MIRANDA, W. S.; FIGUEIREDO, F. P. Diagnóstico do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do Pandeiros-MG como subsídio para estudos de impacto ambiental. **Revista Eletrônica Georaguia**. Barra do Garças-MT. v.1, n.1, p.1-20, jan/julho. 2011

FRANÇA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I. ; OLIVEIRA, F. S. ; XAVIER, B. T. L. Utilização de Classificador Estatístico Maxver para análise do uso e cobertura da terra no município de Viçosa-MG. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2009, Viçosa-MG. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009.

FRAZÃO, D. A. C.; HOMMA, A. K. O.; ISHIZUKA, Y. ; MENEZES, A. J. E. A.; MATOS, G. B ; ROCHA, A. C. P. N. **Indicadores tecnológicos, econômicos e sociais em comunidades de pequenos agricultores de Tomé-Açu, Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005 (Documentos).

HÉBETTE, J. **Cruzando a fronteira: 30 anos de estudo do campesinato na Amazônia**. Vol. 1 – EDUFPA / UFPA. Belém, 2004.

HOLANDA, A. S. S.; GUERRA, C. E. Monitoramento da vegetação da região do eixo-forte no município de Santarém-PA utilizando imagens dos índices de vegetação NDVI e NDWI. UFOPA – Laboratório de Sensoriamento Remoto de Santarém. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife - PE, julho, 2010.

HOMMA, A. K. O. **Historia da agricultura na Amazônia**. Brasília: Embrapa, 2003. 274 p.

HOMMA, A. K. O. Dinâmica dos sistemas agroflorestais: o caso da colônia agrícola de Tomé-Açu, Pará. **Revista do IESAM. Revista Instituto de Estudo Superiores da Amazônia**, Belém, v. 2, n.1/2, p. 57-65, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. Manuais Técnicos em Geociências. Diretoria de Geociências: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2º ed., 2006. 91 p

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados – cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 27 jul 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados – cidades**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/para/tomeacu.pdf>>. Acesso em: 23 jul 2012.

IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. **Estatística municipal 2012**. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/TomeAcu.pdf>>. Acesso em: 24 jul 2012

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **PRODES 2011 – Estimativa da taxa de desmatamento da Amazônia no período 2010-2011**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/Prodes_Taxa2011.pdf>. Acesso em 23 set 2012.

IWAI, O. K.; QUINTANILHA, J. A. Utilização de imagens de satélite como ferramenta de auxílio ao planejamento urbano. **Revista de Geografia Norte Grande**. 34: 65 -82 (2005).

KATO, O. R.; TAKAMATSU, J. A. **Tomé-Açu: iniciativas promissoras e fatores limitantes para o desenvolvimento dos sistemas agroflorestais como alternativa à degradação ambiental da Amazônia**. Belém, [s.n.], 2005

LOPES, L. H. M. Uso e cobertura do solo no município de Tailândia-PA utilizando o TM/Landsat e técnica de classificação não-supervisionada. **ENGEVISTA**, v. 10, n. 2, p. 126-132, dez, 2008

LOUREIRO, V. R. **História social e econômica da Amazônia**. In: Estudos e problemas amazônicos. História social e econômica e temas especiais. 2ª ed., Belém: CEJUP, 1992

NANNI, A. S, DESCOVI FILHO, L, VIRTUOSO, M. A., MONTENEGRO, D; WILLRICH, G; MACHADO, P. H., SPERB, R, DANTAS, G. S.; CALAZANS, Y. **Quantum GIS - Guia do Usuário**, Versão 1.7.4 'Wroclaw'. Acesso em: 03 out 2012. Disponível em: <<http://qgisbrasil.org>>. 291p, il.

NEPSTAD, D. C.; VERÍSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTERK, C.; MOUTINHO, P.; MENDOZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, V. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and Fire. **Nature**, 398: 505-508.

OLIVEIRA, J. S. R. **Uso do território, experiências inovadoras e sustentabilidade: um estudo em unidades de produção familiares de agricultores/as na área de abrangência do programa PROAMBIENTE, Nordeste Paraense.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Agrárias, Núcleo de Estudos em Agricultura Familiar, 2006.

PASTANA; D. N. B., RIBEIRO; P. D. dos S., ROCHA; E. S. da, BARROS; D. de S. Mesorregião nordeste do estado do Pará: produção e preço da madeira em tora em 2009-2010. In: **Anais do 9º Seminário Anual de Iniciação Científica da UFRA. 1º Simpósio de Cadeias Produtivas e Desenvolvimento Sustentado da Amazônia. 3º Seminário de Pesquisa da UFRA.** Belém, Pará, 19 – 21 de outubro de 2011.

PEZZUTI, J. C. B. Síntese analítica do mapeamento das condições ambientais da macrorregião de Paragominas. **Papers do NAEA (UFPA)**, v. 236, p. 01, 2009.

PONZONI, F. J. **Diagnosticando a Mata Atlântica.** São José dos Campos: INPE, 2001 (Apostila de curso).

RODRIGUES, M. A. C. de M., MIRANDA, I. S., KATO, M. do S. A. Estrutura de florestas secundárias após dois diferentes sistemas agrícolas no nordeste do estado do Pará, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**: vol. 37(4) 2007: 591 - 598

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L.; VALENTE, M. A.; RÊGO, R. S.; GAMA, J. R.; SILVA, J. M.; SANTOS, E. S.; ROLLIM, P. A. **Zoneamento agroecológico do município de Tomé-Açu, estado do Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 81 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 118)

SALES, C. M. **A dinâmica do espaço urbano: análise da evolução da mancha urbana do vetor norte da RMBH por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento Cartografia, Belo Horizonte, 2010. 45 f.

SANTANA, A. C.; TOURINHO, M. M. Notas sobre avaliação sócio-econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia. In: Danilo R. D. Aguiar; J. B. Pinho. (Org.). O agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas. O agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas. Brasília - DF: **SOBER**, 1998, p. 165-177

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2: Passo a passo: aplicações práticas.** Alegre, ES: CAUFES, 2010. 153 p.: il.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO & IMAZON. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados.** Belém, 2010

SILVA, W. S.; VIEIRA, V. C. B. Evolução multitemporal do uso e cobertura do solo no município de Uruçuí, Piauí. In: **II Congresso de pesquisa e inovação da rede norte nordeste de educação tecnológica.** João Pessoa: CEFET/PB, 2007. v. 1

SOUZA JUNIOR, C. M. de, VERÍSSIMO, A, AMARAL, P. H. **Identificação de áreas com potencial para a criação de florestas nacionais no estado do Pará.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 37 p

STEHMAN, S. V. Comparison of systematic and random sampling for estimating the accuracy of maps generated from Remotely Sensed Data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 58, n. 9, 1343-1350, 1992.

VERÍSSIMO, A., SOUZA JUNIOR, C., STONE, S. & UHL, C. 1998. Zoning of timber extration in the Brazilian Amazon, **Conservation Biology**, 12 (1): 1-10.

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; LENTINI, M. **Pólos madeireiros do estado do Pará.** Belém: Imazon, 2002. 74 p

VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, A. S. D.; DAVIDSON, E. A.; STONE, T. A.; CARVALHO, C. J. R. D.; GUERRERO, J. B. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, 87: 470–481. 2003.

WATRIN, O. S.; SAMPAIO, S. M. N.; VENTURIERI, A. Dinâmica do uso da terra e seus reflexos na cobertura vegetal em áreas do município de Tomé-Açu, Nordeste Paraense. **Geografia**, Rio Claro, v. 25 (1): 37 -53, abril, 2000.

YAMADA, M. **Japanese immigrant agroforestry in the brazilian amazon: a case study of sustainable rural development in the tropics.** Thesis (Phd): University of Florida, Florida, 1999, 821 f.